

A' MENNYKÖNEK MIVOLTÁRÓL 'S ELTÁVOZTATÁSÁRÓL VALÓ BÖLTSELKEDÉS

Wirth Lajos
Jászberény

Kerekgedei Makó Pált mind a kortárs irodalom, mind a mai tudománytörténet a 18. század egyik legjelentősebb magyar természettudósának tartja, annak ellenére, hogy az ő nevéhez nem fűződnek olyan önálló tudományos eredmények, mint kortársai közül *Segner János Andráséhoz*, *Hell Miksáéhoz* vagy *Born Ignácéhoz*. Az egyetemek és akadémiák filozófiai fakultásai számára írt, és számos kiadást megért logikai, metafizikai, fizikai és matematikai kompendiumai, valamint az infinitezimál-számítás elemeit és az algebrai egyenletek aritmetikai és grafikus megoldását tagláló tanönyvei méltán emelik a felsoroltakkal egy sorba.

A tankönyvek mellett négy fizikai disszertáció is fűződik Makó Pál nevéhez, amelyeket 1781-ben Budán egy gyűjteményes kötetben is megjelentetett. Makó disszertációi összefoglaló dolgozatok, amelyek széles irodalmi háttérre alapozva olyan kérdésköröket taglálnak, amelyek az adott korban az érdeklődés homlokterében álltak. A Hold légkörét, illetve annak hiányát tárgyaló tanulmánya (*De Atmosphaera Lunae*) csak az említett gyűjteményes kiadásban szerepel. Időben elsőként a Föld alakjával foglalkozó disz-

sertációja (*De Figura Telluris*. Olomucii, 1767) [1] jelent meg, amelynek aktualitását az adta, hogy az idő tájt a Föld több pontján folytak mérések a délkör egy fokához tartozó ívhossz meghatározására. Például *Boscovich* és *Maire* (1753) a pápai állam területén, *Beccaria* Piemontban (1763) végzett méréseket, míg *Liesegang* Ausztriában, Stájerországban, Morvaországban és Magyarországon folytatta vizsgálatait.

Makó Pál két dolgozatot is szentelt a kortárs tudósokat és az érdeklődő laikusokat egyaránt foglalkoztató elektromos jelenségek ismertetésének és magyarázatának. Az elsőben, amely *Révai Miklós* fordításában magyarul is megjelent *A' mennykönek mivoltáról, 's eltávoztatásáról való böltselkedés* (1781) [2] címmel, a dörzselektromos valamint a légköri elektromos jelenségek természetének azonosságát mutatja ki, továbbá a villámhárítók készítésének és alkalmazásának szabályait ismerteti meg az olvasókkal, számos nevezetes villámcsapás eseteirésével fűszerezve. A második dolgozat először németül jelent meg *Abhandlung vom Nordlichte* [3] címmel, és a sarki fény természetével foglalkozik. A három részre tagolt értekezés első részében nagy szá-

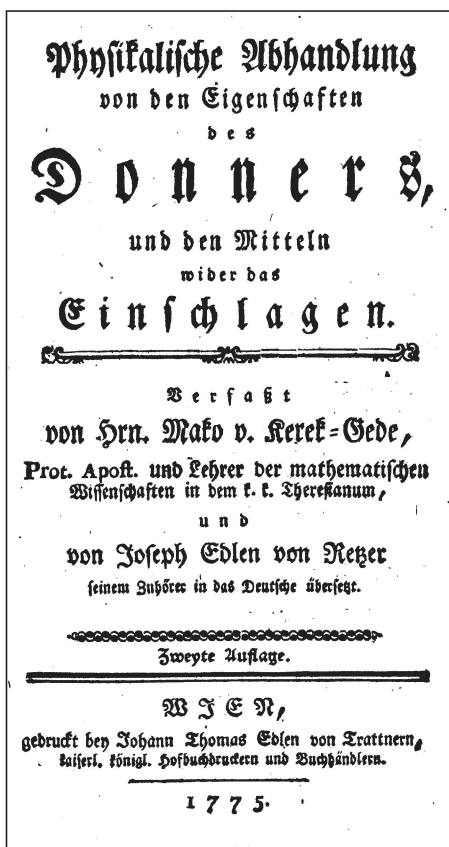
mú észlelési adat alapján részletes számításokkal azt vizsgálja, hogy a megfigyelt fényjelenségek a Földtől milyen magasságban következtek be. Számításai szerint a sarki fényt 28 és 218 mérföld (nagy többségükben 80 és 120 mérföld) közötti magasságban észlelték, ami 213, illetve 1657 km (610 és 912 km) magasságnak felel meg. A dolgozat második részében azt foglalja össze, hogy a megfigyelések szerint a sarki fény milyen egyéb természeti jelenségekkel van kapcsolatban. Kiemeli, hogy sarki fény feltűnése idején az iránytű akár több fokkal is eltérhet az eredeti irányától. A jelenség természetét ugyan nem tudja megadni, de úgy véli, hogy valamilyen elektromos effektusról lehet szó. A disszertáció harmadik részében Makó áttekintést ad arról, hogy korának természettudósai hogyan vélekedtek a sarki fényről.

A jelen írásban Makó Pál legnépszerűbb művét, az eredetileg *Dissertatio physica de natura et remediis fulminum*

A *Dissertatio physica de natura et remediis fulminum* német nyelven *Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners, und den Mitteln wider das Einschlagen* címen megjelent második kiadása (Bécs, 1775).



*Aequae concursus Caeli neque fulminis iram
Nec metuunt ullas tuta --- ruinas. Virg. Aen. 10. 65.*



címmel latinul írt munkát szeretném bemutatni, amely műfaját tekintve közbülső helyet foglal el a nívós ismeretterjesztő mű és a tudományos dolgozat között. Sikéréhez nagyban hozzájárult, hogy *Joseph von Retzer*; Makó tanítványa még a kéziratból lefordította németre, és ez a német fordítás előbb jelent meg (1772) [4], mint a latin eredeti (1773). Az első kiadásokat három éven belül újabbak követték mindkét nyelven, ami abban a korban is páratlan sikernek számított.

A bemutatás formáján gondolkodva egy pillanatig sem volt kétséges a számomra, hogy ha a *Bölszelkedés* tartalmáról, színvonaláról, korszerűségéről viszonylag röviden szeretnék hiteles és meggyőző képet adni, akkor a szerzőt magát kellene valahogy szóra bírni. Eszembe jutott, hogy több mint ötven éve Rényi Alfrédnek ennél sokkal nagyobb feladatot is sikerült megoldania, amikor néhány fiktív levéllel, egy rövidke könyvben olyan hihetően és szuggesztíven rajzolta meg a valószínűség-számítás megszületését, hogy az olvasónak az volt a meggyőződése: ez csak így történhetett. Az én helyzetem lényegesen könnyebb volt, mert a hiteles forrás létezik, de sokkal kisebb a rendelkezésre álló terjedelem.

Makó Pál korában szokás volt, hogy a professzorok tömör tételek és vizsgakérdések (materia tentaminis) formájában összefoglalták előadásaik anyagát a vizsgázók számára. Így jutottam arra a gondolatra, hogy hátha ez lesz a megfelelő forma: egy fiktív tézisgyűjtemény, annyi különbséggel, hogy a kérdések nem a szokásnak megfelelően a tételek után, hanem egyenként, azokat megelőzve szerepelnek. Emellett még egy engedményt kellett tenni, a könnyebb olvashatóság érdekében a szöveget a mai nyelvhasználathoz és helyesíráshoz kellett közelíteni.

Makó Pál: Tételek a mennykőnek mivoltáról és eltávoztatásáról

„Franklin, a' természetnek ama' nevezetes vizsgálója volt az első, ki Amerikában 1751 esztendőben ama' jeles megfigyeltetés tette a' párázatkörnyékben lévő folyadékknak, és Európába átszolgáltatta. Delibard tett azután először Frantziaországban hasonlatos próbát, és ugyan olly szerentsés is volt, hogy egy 40 nyomnyi magasságú hegyes vas póznából, melyet a' szabad levegőbe felállított, és gyánta által egyéb közellévő testeknek közlésektől szorgalmatosan elfogott, égi háború támadáskor tűzfullánkokat látott kiugrani, a' mit az ember különben mesterséggel gyántáztatott bádog tséven szokott tapasztalni. Ennek a' különös találmánynak helybeállítására reá vetették magokat Delor, Nollet, Monnier, Buffon, és más többek, és úgy szólván mintegy veteckedve: maga a Király is megbecsülte jelenlétével azoknak híres próbájokat, és tsodálta az olly ritka, és a' mesterséges gyántáztatall mindenben egyező láttatokat. Ezeket követték Kanton Londonban, Garde Florentziában, Rikman Pétervárat, Moszkaországban, Vinkler Lipsziában, Bosze Vittembergában, Bekkária Turinban, Milius és Ludolf Berolinban.

A felhőkből olly bőséggel meggyűjtötték a' gyántás tűzfullánkokat, hogy póznájoknak a' hegyén mind azokat a munkálódásokat tapasztalták, a' melyek külföldben a' gyántás szerszámok által szoktak előadatni, azaz a' lángot, a' tsengetyűknek hangzásokat, a' rugást, a' palatzk megtelést, az égettbor' meggyulladását, 's a' többbit.”

1., *Mi okozza a testek elektromos állapotát?*

Ha jól megvizsgáljuk az elektromosság hatásait, amelytől a villám is ered, tapasztaljuk, hogy az bizonyos folyadéktól származik, amely „igen vékony”, és mozgatas által folyik ki a testekből. Azt, hogy minden elektromosan töltött test ilyen folyadékot tartalmaz, érzékszerveink bizonyítják: látjuk sötétben a szikrát, halljuk a lángpattanást, kénköves gőz szagát érezzük, és a feltöltött testek érintésekor ütést érzünk.

2., *Miként viselkednek a testek az elektromos folyadékkal szemben?*

Vannak olyan testek, amelyek felületén és belsején is könnyen áthatol az elektromos folyadék: ilyenek az ércek, a zsírtalan nedvességek, a növények, az állatok stb. Más testeken minden látható jel nélkül nyugszik ez a folyadék, akkor is, ha sok gyűlik össze bennük: ilyen az üveg, a porcelán, a kénkö, a viasz, a szurok és a gyanta.

3., *Hasonlítsuk össze az elektromos folyadékot és a közönséges tüzet!*

A tapasztalat azt mutatja, hogy az elektromos folyadék nem hatol át sem az üvegen, sem egyéb szigetelőn, sem a levegőn. Az üveget akkor sem melegíti fel és akkor sem világít, ha az nagy mennyiségben tartalmazza. „A levegőtől kiürült helyen” is látható módon világít, ahol a közönséges tűz el szokott aludni. A tűzzel melegített testekbe is befolyik, és ott összegyűlik. Mindkettő képes megoldvasztani az érceket, meggyújtja az égetett bort, a folyadékokat kiterjeszti és elpárologtatja.

4., *Hogyan változtatható meg a testekben levő elektromos folyadék mennyisége?*

Ez kiváltképpen a szigetelőknben háromféleképpen történhet. Először erős, többszöri ütögetéssel: tapaszt-

Franklin 1752. júniusi kísérlete, amellyel igazolta a villám és az elektromosság azonosságát. Ez vezetett a villámhárító kifejlesztéséhez.



talható, hogy az üvegcserepek a szalmapolyvát magukhoz vonzzák. Másodszor gyenge melegítéssel: ez okozza a turmalin, egyéb drágakövek és az olvasztott kénköv elektromosságát. Végére a legközönségesebb mód a szigetelőknél a vezetőknél való dörzsölése. A vezetőknél bekövetkezik ez a változás akkor is, ha más, előzetesen feltöltött testhez közelítjük őket. Az elektromos kísérleteknél jól kell vigyázni, hogy a földdel vagy más vezetővel való érintkezést megakadályozzuk. Ez üveg, viasz, selyem és más szigetelő segítségével oldható meg.

5., *Hogyan mutatható ki a légköri elektromosság?*

Állítsunk fel szurokkal az épület legmagasabb részére mintegy 12 láb magasságú, felül hegyes vaspóznát. Kössünk rá keresztben egy rövidebb vaspálcát, annak a végéből eresszünk le egészen a szobába egy láncot, amelyet minden más testtől selyemfonallal szigeteljünk el. A láncra függesszünk egy óngolyóbist, amelynek az átmérője két hüvelyk legyen, tőle három hüvelyknyire akasszunk fel egy vaspálcára egy csengettyűt, közéjük pedig kössünk selyemfonallal egy borsnyi ércgolyócskát. A pózna elektromos állapotát a csengettyűszó fogja jelezni.

6., *Miből állapítható meg, hogy a levegő töltése pozitív-e vagy negatív?*

Ha egy hegyes végű láncot erősítünk a vaspóznához, akkor, ha a pózna pozitív töltésű, a lánc végén fényes fűrt látható, olyan mint egy fénylő ecset. Máskor ez elmarad, de ha ujjunkkal a lánchoz érünk, abból erős szikra pattan ki, ami a negatív töltés jele. Egy vaspálcával közelítve a póznához még biztosabbá tehető a tapasztalat. Ha a láncra tüzes fűrtöt látunk, a pálcá hegyéből, amellyel a vaspóznát megérintjük, csillagocskák pattan ki, ha pedig a láncra tűnik fel a csillagocskák (ami a negatív töltés jele), a pálcá odaközelített hegyéből fűrt fog kipattanni. Lichtenberg gyantával különböző vastagon bevont bádogtányérokat vett, és azokat behintette igen finom burgundiai szurokporral, tiszta kénkövvel, gyantával, sárkányvérrel (cinóber), nádméz-zel, likopódiummal. Ha ezekre elektromos szikrát ütött, a keletkezett nyomokból megállapíthatta, hogy pozitív vagy negatív töltéstől származtak-e.

7., *Hogyan hat az elektromosság a vízre? (Beccaria kísérlete)*

Vaspálcára kössünk egy láncot és a lánc végére tegyünk egy jó nagy vízcseppet! Tegyük alá egy vízzel telt bádogedényt úgy, hogy a csepp egy hüvelyknyire legyen a víz felszíne felett! Töltsük fel a láncot elektromossággal! A vízcsepp megnyúlik, mint egy kis oszlop és az edényben levő víz is felpúposodik. Ha tűt közelítünk a láncához, vagy megérintjük, az oszlopocskák megrövidülnek, majd visszanyerik eredeti cseppalakjukat.

8., *Mi történik akkor, ha szigetelő vagy gyúlékony anyagot, vagy vékony fémeket ér az elektromos szikra?*

Ha jól feltöltött leideni palack kampójára egy vízzel vagy kénesővel megtöltött kis, vékony üveget akasz-

tunk, és egy olyan fém pálcával, amely a palack külsejével érintkezik, a kis üveghez közelítünk, az elektromos szikra összetöri az üveget.

Tekerjünk puska port papírhengerbe, szűrjünk a két végébe egy-egy vasdrótot, és süssük ki rá az elektromos palackot! A puska por lángra lobban. Ha üvegcsőbe tesszük a port, akkor az többnyire középpontba gyűl meg, és az üveg széttörik. Vékony dróttal mindig sikerül a kísérlet, de ha vastag pálcát használunk, az fel sem melegszik.

Két üvegtábla közé helyezzünk egy aranylevelet, majd a táblákat jól összeszorítva süssünk ki rá egy elektromos palackot! Az arany nem csak elolvad, hanem mésszé is válik, és az üveget bársonypiros folttal megjelöli, amelyeket azután semmiféle választóvízzel ki nem lehet venni.

9., *Hogyan bizonyíthatjuk, hogy a villámcsapás képes a vastárgyakat mágnessé tenni?*

Tegyünk egy vékony tűt észak-déli irányba, és süssünk ki rá néhány elektromos palackot, majd tegyük vigyázva, hogy el ne sülyedjen, víz felszínére! Be fog állni észak-déli irányba, mégpedig úgy, hogy az a vége, amelyet a szikra ért, szüntelen délre néz. Ha másodszori kisütésekkel a másik végét üttetjük meg, akkor az a vége fog déli irányba nézni.

(„Én e végre egy húzásnyi vastag dróttal szoktam élni, és mindig azt tapasztalom, hogy attól a résztől, amelyet a szikra ért, az iránytű déli sarka elfordul” – írja Makó.)

10., *Miképpen vélekedhetünk arról, amit a Lányiban történt híres esetről mondanak, mármint, hogy a villám a szent Bibliából vett szöveget nem éri?*

Tegyünk két nem túl hosszú szót, amelyek közül az egyik piros, a másik fekete betűkkel legyen írva! Tegyük egy vékony, fehér, tiszta golyóra, és tegyük két réztábla közé, amelyeknek a széle a szavak szélével egybeesik. A réztáblákat szorítsuk két üveg vagy fatábla közé, és süssük ki rá többször az elektromos palackot. A fekete betűk rá lesznek nyomva a golyóra, a vörösek pedig nem, vagy csak nagyon halványan. A különbség oka abban van, hogy a könyvnyomtatók fekete festéke olajból, terpentintből és koromból áll, míg a vörös míniumból, ami mésszé lett érc.

11., *Miként bizonyítható, hogy az elektromosság átfolyik az útjába eső fémeken?*

Tegyünk két kis láncot, az egyiket csatlakoztassuk az elektromos palack külső, a másikat a belső fegyverzetéhez! Egy csészébe tegyünk vizet, ennek a felszínére tegyünk egy ezüstlevelet, amelynek a széle az egyik láncra ér, a másik lánc végét helyezzük a csésze szemközti szélére! Ha a palack megtelik elektromossággal, a két láncvég között az ezüstlevélén át megy végbe a kisülés, és közben a levél megolvad.

Egy száraz üvegpalack szájára tegyünk egy három hüvelyk átmérőjű óngolyót, és függesszünk fölé egy borsnyi golyócskát úgy, hogy éppen érintkezzenek!

Ha a nagy golyót feltöltjük elektromossággal, az a kis golyót néhány hüvelyknyire eltaszítja magától. Közelítsünk egy vas árral fél lábnyira a nagy golyóhoz, az elveszíti a töltést, és az eltaszított golyócska ismét visszaesik. Ha tompa fémtárggyal próbálkozunk, akkor azt igen közel kell a golyóhoz tenni, hogy ugyanazt a hatást elérjük. Ha valakinek kétségei volnának, hogy valóban elszívja a golyó töltését az ár hegye, az vegye ki a fanyélből, szúrja bele tiszta viaszba, majd így közelítse az óngolyóhoz! Bármennyire közelíti is az ár hegyét a golyóhoz, az megőrzi elektromos állapotát. Am, ha az ember ujjával megérinti az árat, a golyócska azonnal visszaesik az eredeti helyére.

Ha ugyanerre az óngolyóra egy tűt erősítünk, vagy homokkal beszórjuk, akkor sohasem sikerül olyan mértékben feltölteni, hogy a kis golyót eltaszítsa magától, mert a tű hegyén, vagy a homokszemcsék élein elveszíti a töltését.

Készítsünk sárgarézből egy hajlott pálcát, az egyik vége legyen hegyes, a másik végződjön gömbben! Közelítsük a gömböt az elektromos palack kampójához, a hegyét pedig csak messziről a palack külsejéhez! Lassanként, kisülés nélkül kiürül a palack, és a csúcson tűzfürtöt látunk. Ha pedig a pálca mindkét vége gömbben végződik, mindkét végét egészen közel kell tenni az elektromos palack nyakához, hogy kisülést tapasztaljunk, ami nagy csattanással fog járni.

12., *Miképpen mutatható be, hogy a mennykő azon az úton jár, „melyben legkevesebb az ellenerőlködés”?*

Tegyük egy vastányérra viaszgolyócskákat úgy, hogy a középpontjaikat összekötő szakaszok különböző sokszögeket alkossanak, de a golyócskák olyan távol legyenek egymástól, amelyet az elektromos hatás könnyen legyőz. Tartsuk kézben a tányért, és közelítsük az első golyóhoz az elektromos láncot, az utolsót pedig érintsük meg az ujjunkkal. A golyócskákból kipattanó lángok jól mutatják „a mennykőnek tsavargó szaladását”. Ugyanezt szépen elő lehet adni úgy is, hogy valami cifra üvegtáblára olyan hajlásokkal és csavarásokkal aranyleveleket ragasztunk, amilyen úton a mennykővet szoktuk látni villámlani. Süssük ki a palackot az aranylevelekre, a szikra követni fogja az arany görbe útját, nem szalad egyik szegletből a másikba. Ugyanez mutatható be egy olyan láncocskával, amelynek a karikái váltakozva szaruból és vasból vannak, és különböző alakúra hajtogatjuk, majd kisütjük rá az elektromos palackot.

13., *Milyen próbatételek tanúsítják, hogy a hegyes tárgyak sokkal könnyebben magukba szívják, vagy kibocsátják magukból az elektromos folyadékot, mint a tompák?*

Függesztünk fel az elektromos lánctól mintegy két láb távolságra egy óngolyót. A láncra erősítünk egy tűt úgy, hogy a hegye a golyó középpontja felé mutasson! A tűből látható távolságra kicsapó tűzfürt úgy megtölti a golyót, hogy abból szikrát kelthetünk. Ha ugyanahhoz a golyóhoz kézben tartva közelítjük elé

messziről a tűt, annak a hegyén csillag látszik és a golyó lassan elveszíti a töltését.

Ha egy óngolyóbis két tű hegye között függ, amelyek közül az egyik a láncból áll ki, a másik a földből, és a golyó meg a tűk végei között egy-egy hüvelykujnyi a távolság, az egyiken fürtöt lát az ember, a másikon csillagot, a golyó közepe pedig a töltés semmilyen jelét nem mutatja.

14., *Hogyan magyarázta próbatétellel Franklin, hogy a hegyes tárgyak leszívják a felhőkből az elektromos folyadékot?*

Sodrott selyemzsinórra felfüggesztett egy fontolót. A fontoló rúd hosszabb volt két lábnál, a réz mérlegtányérok, amelyek selyemzsinóron lógtak, egy lábnyira voltak a földtől. Az elengedett mérleg szabadon körbeforgott a zsinóron. Az egyik tányért feltöltötte elektromossággal, a földbe pedig leszúrt egy tűt, amelynek gömb volt a végén, és amely fölött a tányérok forgás közben szükségképpen elhaladtak. Valahányszor a feltöltött serpenyő a tű fölé ért, mindannyiszor lebillent, és amikor kellően megközelítette, szikra pattant a tű és a serpenyő között. Azután egy vascsúcsot tett a tűre, amelynek a hegye a serpenyő felé irányult. Ez már messziről magába szívta a serpenyő töltését, és az többé nem is billent le a tű felé. Még akkor sem, ha a vascsúcsot úgy helyezték a tűre, hogy a hegye lejjebb legyen a tű gombjánál.

15., *A szabad természetben milyen tapasztalatok mutatják a légköri elektromosság jelenlétét?*

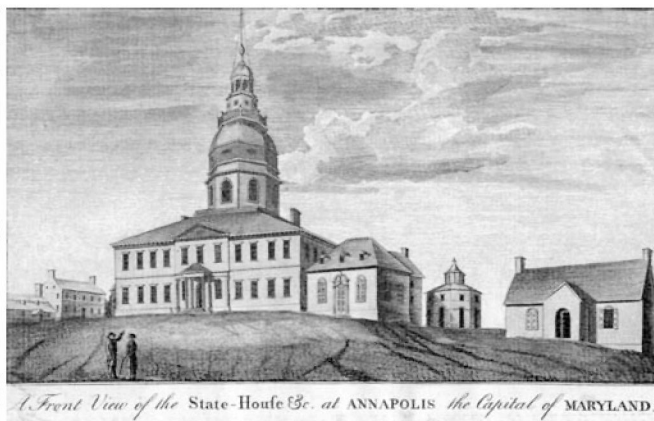
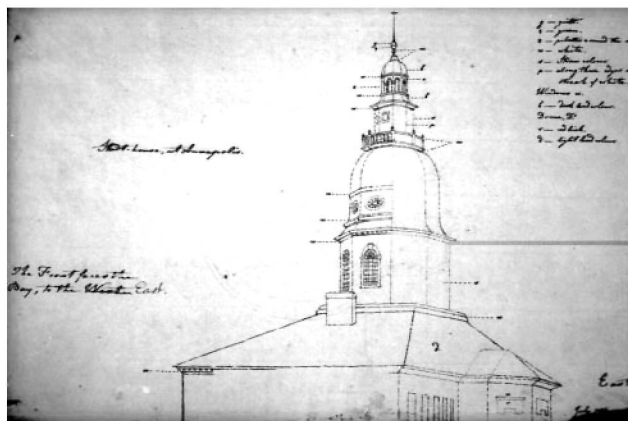
Bizonyos, hogy az üveg, a porcellán és más, elektromos szigetelő testek az éjjeli harmat által igen megnedvesednek, míg az elektromosságot vezető testekről, főképpen pedig az ércekről a harmat azonnal elveszni látszik.

Du Fay megfigyelte, hogy a harmat többnyire a kristályra rakódik, de már a jól kisimított ércre egy cseppecske sem ragad. Annak igazolására, hogy a harmatot nem az érc emészti el, készítettett két tölcser, az egyiket cinnből, a másikat kristályból. Az elsőt kristályedényre, a másikat egy cinnedényre tette, mindegyik edénynek szoros nyaka volt, emezen mindenkor harmatot tapasztalt, amazon pedig soha.

Készítettett az előzőkhöz hasonló bádogtölcser is, ezt bemázolta égettbor által felolvasztott macskamézzel, és olyan edénybe tette, amelyet hasonlóan gumival bekent, és emezen kevesebb harmatot észlelt, mint azon, amelyen a kristálytölcser állott.

16., *Miként hat a domború üvegstálán kiváló vízcseppek mennyiségére azon lap anyaga, amelyre az üvegstályt helyezzük?*

Du Fay vett két gömbölyűre köszörültetett kristályt, olyat, mint egy-egy óraüveg. Az egyiket ezüst lapra, a másikat porcellán lapra tette, és azt tapasztalta, hogy azon ötszörte, vagy hatszorta is kevesebb harmat volt, de csak a közepén úszott, a széleken kicsinyebbek voltak a cseppek, és a széle teljesen száraz volt. Úgy, mintha az ezüst a harmatot elválasztotta volna.



Franklin villámhárítóterve és a villámhárítóval felszerelt, kész épület.

17., *Hogyan magyarázhatók Du Fay tapasztalatai a különböző anyagú táblákkal?*

Összetett két táblát, amelyek közül az egyik rézből, a másik üvegből készült, és mindig azt tapasztalta, hogy emezen bőven volt harmat, amazon pedig igen ritkán. Sőt amikor a két szelet fölébe üvegtáblát is tett, az a tábla, amely az üvegszeleten volt, harmatos lett, a másik pedig harmat nélkül való volt.

Nyilvánvaló, hogy ezeknek a látványoknak az eredete a légkör elektromosságában van. A testekben mindenütt meglévő elektromos gőz a meleg és a hideg miatt különböző változásoknak van alávetve, és mivel ez a gőz a harmatban és az ércekben a leggyorsabb, ugyanazok a változások történnek a harmatban, mint az ércekben. A harmatcseppek nem ragadnak az ércekre, mert azonos elektromos állapotban vannak. Az üvegben, porcelánban, és minden más szigetelő testben nehezen változik az elektromos folyadék, ezért ragadnak rájuk bőségesen a harmatcseppek, mivel ellentétes elektromos állapotban találják a testeket. Ugyanezért lepi be hideg éjjel az ablaküveget a pára, az önt viszont nem. Általában az éjjeli nedvesség mindig jobban nedvesíti a gyapjút, szőrt, posztót és más szigetelőket, mintsem a kezét, arcot és más vezetőket.

18., *Hogyan mutatják meg a növények a légköri elektromosság jelenlétét?*

Sok palánta nyilvánvaló módon mutatja meg a légköri elektromosságot, az ambrus, a tamarinda, az oenothera, az archirantes és mások, kivált, amelyek nyíló virágot teremnek, amelyek napkeltekor kinyílnak, estére pedig be szoktak borulni. Hasonlóképpen a lenfonál is, amely egy elektromos láncon függ, és ha elektromossá válik, felfejtődik, ha pedig elvesztí az elektromosságát, ismét összeáll.

Még ennél is jobban kimutatják az élőpalánták (sensitíva), amelyeknek a leveleit még nappal is, ha ujjunkkal megérintjük, lesüllyednek, mivel az érintéstől elvesztik a töltésüket. Ha ezek a palánták napnyugtakor elektromossá válnak, amikor a széles levelek már csüggedten lógnak, és akkor érinti meg az ember, ezek a levelek még jobban lesüllyednek. Eből kitetszik, hogy az elektromosság élteti őket. Ah-

hoz pedig, hogy elektromosan töltöttek maradjanak, el kell választani a földtől, az a dús nedvesség választja el őket amelyet nappal kiizzadnak.

19., *Milyen kapcsolatban van az eső és a felhőszakadás a légköri elektromossággal?*

Ezek bizonyosan a légköri elektromossággal vannak kapcsolatban, mert ha az elektromos folyadékkal telített felhő, ha a hegynek ütközik, arra kiönti az elektromos folyadékot, miként a közönséges tüzet is, ha a hegy valamivel hidegebb. Ezért a páracseppek, megfosztva az elektromosságtól megszűnnek taszítani egymást, összeállnak, és megnedvesítik a hegyet harmat vagy eső formájában, attól függően, hogy gyengébb vagy erősebb talál lenni az elektromosság, amint lassabban vagy gyorsabban esik a hegyre a felhőből.

20., *Miképpen magyarázható a hópelyhek kis foltocskáinak egyforma alakja, amikor a levegőben található vízcseppkék rend nélkül mozognak?*

Vegyünk több, mintegy négy hüvelyknyi lenfonalat, függesszünk mindegyikre arannyal befogott viasz golyóbisocskákat, a végükön kössük össze mindegyiket, és akasszuk egy elektromos láncre! A fonalak annál jobban ellöködnék egymástól, mennél eleve-nebb az elektromosság munkája. Azonban a golyók között mindig egyenlő távolság lesz, és egyike mindig a középpontban marad, úgy, hogy a többi szabályos sokszöget alkot. Ezek a golyóbisok nem kevés hasonlatosságot mutatnak a pára részecskékkal, és mivel egyedül a szabályos hatszöget foghatják közre más, hasonló hatszögek, ebből következik, hogy a hófoltocskák is, amelyek eme gőzrészecskékből összeállnak, szükségszerűen hatszög képet mutatnak.

21., *Némelyek úgy vélik, hogy az égi elektromosság nem elegendő a tapasztalható mértékű hatásokat okozni. Azt mondják, hogy egy fonál, ha mindenütt dörög is körben az ég, nem tér el 30°-nál jobban a függőlegetől, holott mesterségesen elektromossá téve 40°-ra is elhajlik. Hogyan vélekedjünk erről?*

Téves az a következtetés, hogy az égi elektromosság gyengébb, mint a mesterséges, mert annak gyengébb lesz az ereje a fonalban, mivel az elektromos

testek távolabb esnek, amint ez magától is nyilvánvaló. Mivel pedig a fonal az elektromos lánchoz igen közel van, és annak párázatkörnyékébe mélyen elmerül, ezért nem kell csodálkozni, ha a fonal ilyen közelről a gyengébb erővel is jobban megtelik, mint az égi elektromosságnak sokkal nagyobb erejével a felhők szokott távolságából.

22., *Mit tartunk arról az ellenvetésről, hogy a fegyverzettel nem sűrített, vagy az égi elektromosságnak nincs olyan ereje, mint annak, amely a mennykővel lecsap?*

A felhők, hatalmas méretük miatt, nagyon nagy bőségben tartalmazzák az elektromos folyadékot, ami sűrítés nélkül is képes igen sebesen kiütni. Ezzel kapcsolatban említsük meg Volta úr nevezetes kísérletét.

Ő ezüsttel befogatott 12 hengert, amelyek mindegyike 6 húzásnyi vastag, 8 nyomnyi hosszú volt, és hármát-hármát a végeikkel úgy foglalt egybe, hogy a tengelyeik egyenesen állottak besűrűva. Következésképpen négy sor hengert kapott, mindegyiknek 24 lábnyomnyi hosszával, ezeket felaggatta selyemzsinórral egyenlő távolságokra, mindegyik között három lábnyomnyi ürességet hagyván, és egy vas vesszőt tett keresztbe rájuk, úgy, hogy összesen csak egy közlővesszőt tegyenek ki, amelynek a hossza 96 lábnyom. Ezután a szoba ablakán egy hosszú vasdrótot engedett le egy néhány száz lábnyira levő kútba. A drót egyik végét egy személy tartotta, közel állva a közlővesszőhöz, a kút száján egy másik ember állt, aki kettészakította, egyik végét a jobb, a másikat a bal kezében tartotta. Az aki a szobában a drót végét fogta, a másik kezével a közlővesszőből fűrtöt süttetett ki, amely a dróton leereszkedett, hogy mindkét ember olyan elektromos ütest kapott, hogy a leydeni palackot a testükön érezték kisülni.

23., *Volta úr kísérlete alapján hogyan érthetjük meg a felhőkben levő elektromos folyadék mennyiségét és erejét?*

Vegyünk felhőt 900 nyomnyi hosszúnak, 1800 nyomnyi szélesnek, és 90 nyomnyi vastagnak. Ennek a helyén el lehetne helyezni 1000 hengersort, amelyeknek a hosszúsága 9000 nyom volna, és mindegyik sor egymástól 9 nyomnyira állna. A tapasztalat szerint az ilyen henger annyi elektromos folyadékot foglal magában, mint 4 négyzethüvelyk a fegyverzett üvegből, minden ilyen sor egy négyzetlábnyival volna egyenértékű. Következésképpen az ezret egybevéve ott már temérdek elektromosság van együtt, és

mégis, kétségkívül sokkal többet foglalna magában a felhő, mint az egymástól kilenc nyomnyi távolságra levő hengersorok. Tehát a mennykőknek az egész hatását a közlővesszők természetéből is kikövetkeztethetjük, anélkül, hogy a fegyverzett palackokkal való hasonlatosságot kellene a felhőkben keresni.

24., *Miként tudják az elfolyató eszközök, röviden elfolyatók, a házakat, tornyokat, kastélyokat, hajókat a mennykőcsapástól megoltalmazni?*

Nem szabad elfelejteni, hogy kiváltképp a hegyes, kiálló testek az elektromos folyadékot a felhőkből lehúzzák, vagy ellenkezőleg, a földből a felhőkbe juttatják, úgy, hogy az sehol nem gyűlhet össze nagyobb mennyiségben, és sehol nem okozhat oly nagy ütések, mint amikor nincsenek csatornái. Miként az elektromos palack sem telhet meg soha, ha olyan elfolyatót alkalmazunk, amelyen az elektromos tűz a palack külső felületéről a belsőre lassan átfolyhat.

25., *Hogyan bizonyíthatjuk be, hogy az igen vékony ércdrótok is hatalmas mennyiségű elektromos folyadékot képesek elvezetni?*

Futtassuk meg egy könyv kötését a külső szélén arannyal, olyan finoman, ahogy csak lehet. Ha a megfuttatott rész nem tesz ki egy négyzethüvelyket, a súlya alig nyomja egy szem egy harminchatod részét. Próbával megbizonyosodhatunk róla, hogy öt nagy palackot minden sérelem nélkül át tudunk sütni rajta. Ezért, ha egy vasdrótnak a vastagsága egy hüvelyk negyed része, ötezerszer több ércet foglal magában, mint az arany, ezáltal huszonötezer olyan palackot lehet rajta keresztül kisütni, és ezek bizonyosan több elektromos folyadékot bocsájtanak ki, mint amennyit egy magányos felhő magában foglal. Ha a drót vastagsága fél hüvelyk, ezen a csatornán mérhetetlen mennyiségű elektromos folyadék fog elfolyani. (Makó: „Én

Giuseppe Toaldo fémek vezetéséről írt könyve, Velence, 1774.



egy nyolc négyzetlábnyi felületen összegyűlt elektromos folyadékot egy rézdróttal szoktam elfolyatni, amely nem olvad meg, noha nem vastagabb egy hüvelyk tizenkettő részénél.”)

26., *Hogyan kell a biztonságos elfolyatókat kialakítani?*

Hogy a villámcsapás veszedelmét eltávoztassuk az épületekről, azokra néhány láb magas vaspóznát állítunk föl. Jó, ha a pózna egyenes, hogy az elfolyató több folyadékot ne szívjon magába, mint amennyit veszedelem nélkül el tud vezetni! Ahogy Stanley ajánlja, a talpát akár fába vagy más anyagba is beleverhetjük, csak a felsőbb része a vasvesszőtől egész a földig a vasvessző egyenes, töretlen folytatása legyen. Ahol pedig a póznát a tetőbe erősítik, meg kell erősíteni vékonyra kalapált önlемеzzel, amely azt körül fogja, és vaskarikával mindenfelől jól hozzá kell szorítani. Magát a vasvesszőt is ugyanolyan karikával a póznához jól hozzá lehet kapcsolni. Ha a kémények közel vannak a fedél tetejéhez, és elég magasak, jobb azokhoz kötni a póznát. Főképpen arra kell vigyázni, hogy az épületnek semmi része, vagy a kémény az elfolyatónál magasabban ki ne álljon, mert ilyenkor a védelem gyakran hatástalan.

27., *Franklin Benjamin volt az első, Philadelphiában, aki a mennykő elfolyatókat fedelekre kezdte felállítani. Kik voltak azok a neves férfiak, akik Európában követték a példáját, és hol állították fel az első elfolyatókat?*

Divits Prokopius premontrei szerzetes Franklin találmányával egy egész nyáron át megoltalmazta a mennykőtől Preditz lakosait Morvában. Hasonlót emeltetett fel Beccaria a Valentini palotán, Turin mellett. Fontana apát úr nemrégén állított fel a nagyherceg engedelmével egy mennykő elfolyatót Florenciában, Livornumban, Sienában, és egyéb városokban. Hamburgban az 1769. esztendőben állították fel az első elfolyatót Szent Jakab tornyára, azután más tornyokra, puskaportartó házakra, és más nagy nyilvános épületekre.

„A Budai Királyi Oskola Mindenesség Palotájára feltételettel 1777. esztendőben. Maga a mostani Felső Tászárs Béts körül a portartó épületeket, azután az Eugénus Palotáját is a külvároson ugyanazon és a következő esztendőben ily szerszámmal felfegyvereztette.”

Londonban a Királyi Tudós Társaság az 1772. esztendőben Cavendisht, Watsont, Franklint és Robertsont a mai napig szerencsés következással rendelte őt porház felfegyvereztetésére. Ugyanaz a Társaság választotta még az 1769. esztendőben Franklint, Cantont, De Lavalt, Watsont és Wilsont, hogy a Szent Pál székesegyház magas tekeboltját felfegyvereztessék.

28., *Milyen anyagokat alkalmazzunk az elfolyató eszközök készítésére?*

A drótok, amelyek a mennykő tápláló folyadékát elnyelik, rézből legyenek, mert ha vasból lesznek, azo-

kat a rozsdá megfogja, és akadályozzák az elektromos folyadék szabad folyását. A sárgaréz drótok nagyon törekenyek, ha ki vannak téve a nyári meleg hatásának, és a változó levegő viszonyosságainak. Ezért mondtuk előbb, hogy a csillag, amit a pózna hegyébe szoktak tenni vagy rézből legyen, vagy erősen be legyen aranyozva, hogy a rozsdá meg ne fogja!

Ha a drótok igen vékonyak, könnyen megeshet, hogy az elektromos folyadék ereje által vagy megolvadnak, vagy félbe törnek, és a közelükben levő testek könnyen meggyulladnak. Tehát általában inkább vastagabb drótot vegyünk! De mivel többször tapasztalták, hogy a vékonyabb drót a légkörből a tüzet messzebből leszívja magába, és gyorsabban elfolyatja, ezért tanácsosabb vékony drótokból összefont kötelet alkalmazni. Ezeket a drótokat nem kell beépíteni a falba, hanem kívülről függenek szabadon, mert a beépített drótokon lefolyó elektromos folyadék a falakat megrepeszti. A drótot az elfolyatótól olyan helyen kell elhelyezni, ahol nem sokan járnak, az ajtóktól, ablakoktól távol esnek. A drótok egész darabból legyenek, nem hajlott és egymásba foglalt tagokból állók. Az elfolyatók alsó részét legjobb valami közel elfolyó patakba vagy csatornába beereszteni, ha az nem lenne, bátran meghagyhatjuk a földnek felszínén, de hegyesnek kell lennie, és az épület fundamentumától legalább két lábnyira kell lenni.

29., *Hogyan kell az elfolyatót felállítanunk, ha egy tornyot akarunk a mennykőcsapástól megoltalmazni?*

Ha a torony bádoggal vagy rézzel van befedve, arra tekintettel kell lenni, hogy a keresztet tartó pózna vagy egyvégben érje a fedelet, vagy legalább valami vaskapoccsal hozzá legyen szegezve. Az esőcsatornákat pedig rézdrótokkal oda kell kötni a fedél széléhez. Végül a csatornából efféle drótokat eresszünk le egész a földig. Ha pedig maga a templom is rézzel van befedve, mind a két fedelet egy pózna alá egybe kell kötni, és ebből aztán a drótot leereszteni az esőcsatornáig. Különös figyelmet érdemelnek a toronyórák, mert azoknak a számjeles tábláit többnyire rézből készítik és a rézfedelekt alá szokták szegezni. Ez igen veszedelmes, mert ha az elektromos tűz a fedélről a számjeles táblára átszökken, bejut az óraműbe, ahonnan a dróton a harangnyelvig eljut, és mivel ott megszűnik a drót, nagy kárt tud tenni.

30., *Hogyan kell eljárni a löportornyok védelménél?*

Itt igen vigyázni kell, hogy amennyire lehet, kevés vasat használjanak. Legtanácsosabb, ha alacsony fedéllel, félgömbformára építetnek, minden kiálló rész nélkül, és felülről, szokás szerint, elfolyatóval látják el őket. Ezen felül az épületet be kell keríteni magas, és egymástól jó messze ültetett fákkal, amelyekkel elfolyhat az ártalmas elektromos folyadéknak a nagyobb része. Ha a porház alján gránátok és bombák vannak, az elfolyató végét messzire el kell vinni a faltól. Lehetne mintegy tíz lábnyira egy vagy két vitorlafát a porháznál magasabbra felállítani, és azokat is felszerelni elfolyatóval.

31., Miként óvhatjuk meg a hajókat a mennykőcsapástól?

A hajókba az árbocfákat szurkos fákból szokták fagyni, azon kívül szurokkal bekenni, és hegyetlenül hagyni. Többnyire ezért vannak a mennykőütésnek jobban kitéve. A védelem érdekében az árbocfát erősen be kell mázolni szurokkal, és a felső részébe egy nagy rézkarikát kell beverni, amelyen négy bearanyozott vashegy álljon, valamivel alacsonyabban, mint az árbocfa teteje. A karikából eresszünk le egy író toll vastagságú vasvesszőt az árboc hosszában, és azt akasszuk be erősen egy vaspóznába, amely legyen átütve a hajó alján, és annak mindkét oldalán álljon ki. A pózna mindkét végében azután vas szálakból készült rojtos kötést kell leereszteni, hogy szüntelen a vízben ússzanak. Utoljára az árbocfa vitorláját bekenjük szurokkal, és rézdróttal összekötjük a rézkarikával.

32., Hány elfolyatóra van szükség a különféle épületek védelmére, és hogyan kell azokat elhelyezni?

Egy tornyot vagy hajót elegendőképpen megoltalmaz egyetlen elfolyató, kettő pedig elég egy olyan épületnek, amely kétszáz láb hosszú, de a két végébe kell felállítani. Két, egymással szöget bezáró épületszárny esetén három elfolyatóra van szükség, egyiknek a szög csúcsában kell állnia, kettőnek az épület két végében. A négy szögletű épület pedig négy elfolyatót kíván.

El kell vetni azonban a darabokból összerakott elfolyatókat, mert az összegyűlt elektromos folyadék az elfolyató darabjaiban hathatósan kiönti magát. Ezért a vas karok, korlátok, láncok és póznák a házhoz tartozó részét, ahol találhatók megoltalmazzák ugyan, de egyszerűen a villámcsapást oda irányítják, ahol a házrészek nincsenek ilyen vas szerszámokkal felékesítve. A szalmával vagy náddal befedett parasztházak legjobban úgy oltalmazhatók meg, ha a közelben levő fákat, vagy ha ezek nincsenek, a házhoz közel magasabbra állított vitorlafákat vasvesszővel megfelelő módon felfegyverzik, és alul sövényvel elkerítik, hogy a marhák ne mehessenek a közelébe.

Irodalom

1. Makó Pál: Dissertatio de figura Telluris. Olomucii, 1767. http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO_%2BZ179894200
2. A' mennykőnek mivoltáról, 's eltávoztatásáról való böltsekedés, melyet deák nyelven írt, és most feles másolatokkal megjobbított Makó Pál, magyarázta pedig Révai Miklós., Pozsonyban és Kassán, Landerer Mihály költségével és betűivel / 1781, 202, [1] p., – 8°. <http://books.google.hu/books?id=dtddAAAACAAJ>
3. Paul Makó: Abhandlung vom Nordlichte. In: Beyträge zu verschiedenen Wissenschaften von einigen Oesterreichischen Gelehrten, Wien, 1775. <http://books.google.hu/books?id=YoULAQAAlAAJ>
4. Paul Makó: Physikalische Abhandlung von den Eigenschaften des Donners, und den Mitteln wider das Einschlagen (2. Auflage), Wien, 1775. <http://books.google.hu/books?id=h4k5AAAACAAJ>

VÉLEMÉNYEK

A VEKTORPOTENCIÁLÉRŐL (aki **A**-t mond, mondjon **B**-t is)

Horváth Péter
PTE Elméleti Fizika Tanszék

A potenciálokról általában

Az Olvasó kedvéért röviden összefoglaljuk az elektromágneses potenciálok néhány fontos tulajdonságát. Ezeket természetesen az [1]-ben is meg lehet találni.

Az elektromágneses mező az **E** elektromos és a **B** mágneses mezőn keresztül feje ki a hatását. Ez a két mező szerepel ugyanis a töltésekre ható **eE** Coulomb-erő és az **e(v × B)** Lorentz-erő képletében.

A számításokban azonban ezeknél a mezőknél gyakrabban használják az **A** vektorpotenciált és a ϕ skalárpotenciált, amelyeket a

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A} \quad \text{és} \quad \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad } \phi \quad (1)$$

képletek kapcsolnak össze az elektromágneses mezőkkel.

Reflexiók Hárs György és Varga Gábor írására [1].

A potenciálokat az **E** és a **B** kiszámítását megkönnyítő segédmenyiségeknek tekintjük, mert amikor a töltésekre kifejtett hatásról van szó, mindig az (1) kombinációban fordulnak elő. A potenciálok egyértelműen meghatározzák a térerősségeket, de adott térerősségekhez végtelenül sok különböző potenciál tartozik. Ha az (1) képletben **A**-t és ϕ -t olyan **A'**-vel és ϕ' -vel helyettesítjük, amelyek az

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \text{grad } \chi \quad \text{és} \quad \phi' = \phi - \frac{\partial \chi}{\partial t} \quad (2)$$

mértéktranszformációval kaphatók meg **A**-ból és ϕ -ből, akkor az **E** és a **B** mezők változatlanok maradnak.

Mivel az elektromágneses mezőről minden tapasztalati információ **E** és **B** közvetítésével jut el hozzánk, az egymástól mértéktranszformációban különböző vektor- és skalárpotenciálok közül nem tudunk kiválasztani egy „igazit”. Segédmenyiségekről